



УЕ 2.1.4 Видимость. Определение дальности видимости на ВПП

Рассматриваемые вопросы:

Влияние видимости на полеты воздушных судов

Видимость в атмосфере

Суточный и годовой ход дальности видимости

Характеристики, определяющие дальность видимости: метеорологическая дальность видимости (МДВ), метеорологическая оптическая дальность видимости (МОД), дальность видимости на ВПП

Средства измерения видимости на аэродромах

Визуальные и инструментальные наблюдения за видимостью

Определение преобладающей видимости

Сообщение данных о видимости и дальности видимости в местных сводках и сводках METAR, SPECI.

Влияние видимости на полеты воздушных судов

Уровень развития современной авиации позволяет в настоящее время выполнять полеты в облаках, за облаками, под облаками, в туманах и т.д., иными словами, наша авиация стала **всепогодной**. И всё равно, какая бы она не была всепогодной иногда диспетчера часами не выпускают самолет, а прилетающим не дается разрешения на посадку, так как при плохой погоде полеты значительно усложняются, а главная цель МОГА **обеспечить безопасность полетов ВС**.

Около 80% информации, требующейся для выполнения полета, пилот получает зрительным путем. Сложность пилотирования самолета при плохой видимости заключается в отсутствии визуальной ориентировки, пилотирование можно выполнить только по приборам, а также в зоне плохой видимости происходит обледенение воздушных судов (ВС).



Иногда в рабочих журналах синоптика на АМСГ можно встретить такую запись $8\frac{6000}{4000}10$. Это информация о погоде, которую экипаж передавал с воздуха и она говорит о следующем: облачность 8 октантов, видимость 10 км, верхняя граница облаков 6000, нижняя 4000.

Такая погода является простой для любого типа воздушного судна (ВС).

К полетам в сложных метеоусловиях относятся такие полеты, которые производятся при ВНГО 200м и (или) видимости 2000 м и менее.

Для обеспечения безопасности полетов устанавливаются минимумы погоды (лекция УЕ 2.1.2).

Видимость в атмосфере

Видимость — это сложное понятие, которое подразумевает исследование закономерностей зрительного восприятия разнообразных естественных и искусственных объектов ландшафта и сигнальных огней в различные атмосферные условия.

Остановимся подробнее на понятии «видимость» как на одном из важнейших для авиации метеорологическом понятии.

Видимость - это зрительное восприятие объектов, обусловленное существованием яркостных и цветовых различий между предметами и фоном.

Видимость характеризуется **дальностью видимости** (как далеко видно) и **степенью видимости** (как хорошо видно)

При метеорологическом обеспечении полетов ВС интересуются только дальностью видимости, которую обычно называют видимостью.

Под видимостью понимают максимальное расстояние, с которого видны или опознаются неосвещенные объекты днем и световые ориентиры ночью.

Схема зависимости дальности видимости от различных факторов



Факторы, влияющие на дальность видимости:

- Геометрический размер объекта,
- Освещенность объекта,
- Яркость объекта и фона, на который он проектируется,
- Прозрачность атмосферы,
- Зрение наблюдателя.

Геометрический фактор характеризует размер наблюдаемого объекта.

Человеческий глаз обладает определенной разрешающей способностью или остротой зрения.

В дневное время глаз человека способен видеть лишь предметы с угловым размером не менее 1 градуса. Следовательно, размер объекта должен быть не меньше $1/150$ расстояния до него. Если размер объект меньше, глаз человека не может его увидеть.

Освещенность объекта. Для наблюдения объекта необходимо, чтобы он был достаточно освещен.



При сильном снижении освещенности (например, в сумерки и ночью) способность глаза к восприятию различий яркости наблюдаемых предметов сильно уменьшается.

Яркость объекта и фона. Если объект имеет ту же яркость, что и фон (например, белый предмет на фоне снежного покрова), глаз не может увидеть такой объект.

Для того чтобы предмет стал заметным, его яркость должна отличаться от яркости фона не менее чем на 2%, а в сумерки на 60-70%

Прозрачность атмосферы – один из основных факторов, определяющих видимость.

Прозрачность атмосферы зависит от наличия в воздухе продуктов конденсации водяного пара, а также от большого количества твердых частиц, которые приводят к поглощению и рассеянию света в атмосфере.

Наибольшее рассеяние света происходит у поверхности земли, где наблюдается самая значительная концентрация взвешенных микрочастиц. Вследствие этого доля светового потока, доходящего от предмета до наблюдателя, тем меньше, чем толще слой воздуха, через который проходит поток.

Прозрачность атмосферы характеризуется коэффициентов прозрачности, который показывает, насколько световой поток, проходящий через слой атмосферы толщиной 1 км, ослабляется находящимися в этом слое различными примесями.

Зрение наблюдателя. Зрение человека устроено таким образом, что при наблюдении близких или далеких предметов они видны в том случае, если они отличаются по яркости или по цвету от окружающих предметов. Это различие яркостей характеризуется **контрастом**.

Контраст определяется как отношение абсолютной яркости фона и объекта к большей из них.

$$K_0 = \frac{B_0 - B_\phi}{B_0} \quad \text{или} \quad K_0 = \frac{B_\phi - B_0}{B_\phi}$$



где K_0 – контраст, B_ϕ - видимая яркость фона, B_0 – видимая яркость объекта.

Если объект темнее фона, $B_\phi > B_0$

Если объект светлее фона, $B_0 > B_\phi$

Контраст изменяется от 0 до 1.

$K=1$, если наблюдаем черный объект на светлом фоне и $K=0$, яркость объекта равна яркости фона ($B_0 = B_\phi$).

Порог контрастной чувствительности (E). По мере уменьшения контраста объект виден все хуже и перестает быть видимым, когда контраст (K) меньше порога контрастной чувствительности (E), т.е. $K < E$.

При дневных условиях E человеческого глаза изменяется от 0,02 до 0,05, а для ночных $E=0,6-0,7$.

В целях обеспечения безопасности полетов при определении видимости ИКАО установила для дневных условий $E=0,05$.

С уменьшением угловых размеров объекта значение E увеличивается, а контраст уменьшается. Контраст может уменьшаться либо под влиянием увеличения расстояния до объекта, либо вследствие увеличения замутнения атмосферы.

Суточный и годовой ход дальности видимости

Дальность видимости колеблется как во времени, так и в пространстве. Дальности видимости вблизи поверхности земли имеет суточный и годовой ход, который тесно связан с содержанием в атмосфере продуктов конденсации водяного пара, пыли и других примесей.

Плохая видимость чаще наблюдается при устойчивом состоянии атмосферы, особенно под слоем инверсии или изотермии, т.е. отсутствует перемешивание воздуха по вертикали. При неустойчивом состоянии атмосферы, когда происходит турбулентное перемешивание воздуха, видимость, как правило, бывает хорошей и может ухудшаться лишь в зонах осадков.



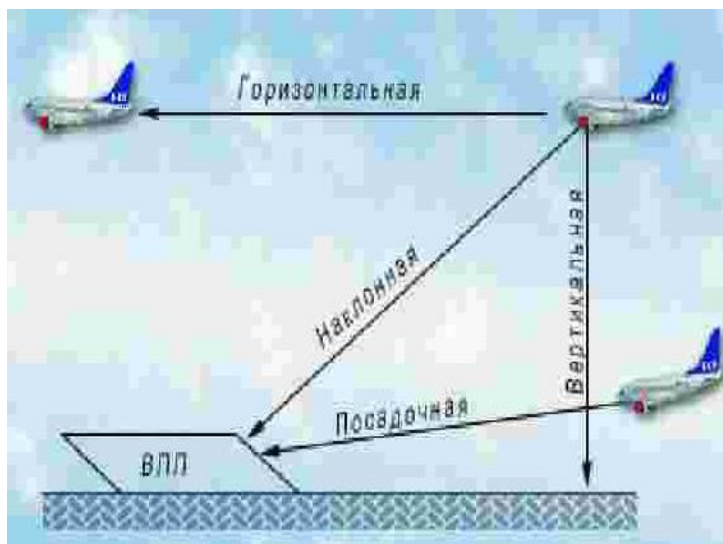
Над большей частью России видимость лучше в теплую половину года и значительно хуже в холодную. Исключением является Арктика, где и в теплую половину года образуются густые и продолжительные туманы.

В суточном ходе наибольшая повторяемость ухудшенной видимости приходится на утренние часы, после восхода солнца. Некоторое ухудшение видимости наблюдается непосредственно перед заходом солнца. Ночью и днем видимость значительно лучше.

Полетная видимость

При метеорологическом обеспечении гражданской авиации летный состав интересуется не только дальность видимости (метеорологическая), но и полетная видимость.

Видимость реальных объектов, определяемая с самолета, называется полетной видимостью. Она подразделяется на горизонтальную, вертикальную и наклонную.



Горизонтальная полетная видимость представляет собой видимость объектов в воздухе, находящихся примерно на уровне полета самолета.

Вертикальная видимость – это максимальное расстояние в вертикальном направлении, с которого видны и опознаются

неосвещенные объекты днем и освещенные – ночью.

Особенно важной для полетов в сложных метеорологических условиях является *наклонная видимость*. Таковую видимость обычно называют **посадочной видимостью**.



Под наклонной полетной видимостью понимается предельное расстояние с высоты, на котором виден данный объект на окружающем фоне под различными углами.

Посадочная видимость – предельное расстояние по наклону вдоль глиссады снижения, по которой летчик, совершающий посадку, при переходе от пилотирования по приборам к визуальному пилотированию может обнаружить и опознать ВПП.

Посадочная видимость может существенно отличаться от горизонтальной видимости у поверхности земли. Это может быть при наличии между летящим самолетом и земной поверхностью задерживающих слоев (инверсия, изотермия и др.).

Полетная наклонная видимость (в том числе и посадочная) зависит от многих факторов, среди которых основными являются метеорологические. Наибольшее значение из метеорологических факторов имеет прозрачность атмосферы по наклону (наклонная метеорологическая видимость), которая в свою очередь зависит от высоты и структуры нижнего основания облаков, вертикальной мощности подоблачной дымки и вертикального градиента ее оптической плотности, а также от горизонтальной видимости у Земли.

При отсутствии низкой облачности, приземных дымок и других явлений прозрачность нижнего слоя атмосферы бывает достаточно высокой и в первом приближении можно считать, что она не изменяется с высотой. При этом значение наклонной видимости примерно равно горизонтальной видимости у Земли.

При наличии низкой облачности (слоистых форм) под ней, как правило, наблюдается подоблачная дымка. Толщина слоя подоблачной дымки довольно изменчива и может колебаться от нескольких десятков метров до 100-150 м. Наличие дымки приводит к тому, что наклонная метеорологическая видимость в подоблачном слое значительно ухудшается, и она, как правило, бывает меньше горизонтальной видимости у Земли. В связи с этим при определении наклонной



полетной видимости реальных объектов при наличии низких облаков слоистых форм решающую роль играет оценка наклонной метеорологической видимости.

На рисунке 1 приведены примеры различных ситуаций, приводящих к различию между посадочной и метеорологической видимостью.

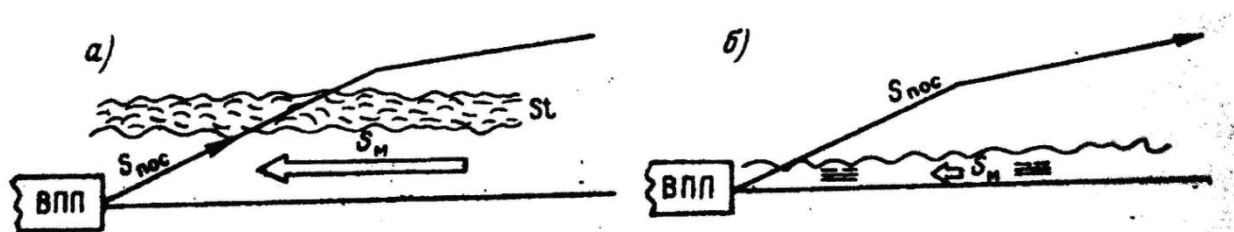


Рисунок 1 - Метеорологические ситуации, приводящие к различию между посадочной и горизонтальной видимостью.

На рисунке 1а посадочная видимость будет меньше чем метеорологическая, т.к. пилот из кабины самолета увидит ВПП только после выхода из облаков.

На рисунке 1б обратная картина, посадочная видимость будет больше чем метеорологическая. При наличии на аэродроме поземного тумана пилот может хорошо видеть все наземные ориентиры, в то время как метеорологическая видимость будет менее 1000м.

Плохая видимость при визуальных полетах на малых высотах создает угрозу столкновения самолета с землей или возвышающимися на ней препятствиями при визуальных полетах на малых высотах.

Видимость, являясь важным элементом для авиации, включена в определение минимума погода для летчика и аэродрома.



Характеристики, определяющие дальность видимости

Дальности видимости определяют визуально (МДВ) и инструментально (МОД).

Метеорологическая дальность видимости (МДВ)

Под МДВ понимается наибольшее расстояние, при котором яркостный контраст черной поверхности на фоне воздушной дымки достигает порогового значения, воспринимаемого глазом ($E=0,05$).

МДВ является характеристикой прозрачности атмосферы и представляет собой дальность видимости черного объекта днем на фоне неба у горизонта

Наблюдения за МДВ. Метеорологическая дальность видимости определяется визуально. Визуальные наблюдения за видимостью в атмосфере производятся по ориентирам видимости, щитам, одиночным огням.

В качестве ориентиров видимости для дневных наблюдений используются объекты, расположенные вокруг пункта наблюдений, или специально устанавливаемые щиты - ориентиры видимости.

Объекты на местности, используемые для визуальных наблюдений, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Объекты должны быть достаточно темными и в течение года не менять свою яркость;
2. Объекты должны проектироваться на фоне неба у горизонта;
3. Объекты должны быть видны с места наблюдений под углом не более 6^0 к горизонтальной поверхности;
4. Угловые размеры объектов с места наблюдения должны составлять не менее $0,5^0$, в крайнем случае, не менее $15'$;
5. Вблизи объектов и на линии их наблюдения не должно быть локальных источников помутнения (пыльных дорог, дымящихся труб и др.)



В качестве ориентиров видимости наиболее подходящими являются следующие объекты:

- а) хвойный или лиственный лес; б) холмы; в) старые деревянные строения;
- г) крупные строения из красного или светло-серого кирпича;

Щиты-ориентиры устанавливаются вдоль ВПП на участке от СДП к середине ВПП на расстоянии 400, 800, 1000, 1500, 2000 м и на других расстояниях, соответствующих минимумам аэродрома, но не более 2000 м от СДП.

Щиты-ориентиры должны быть:

- черно-белыми (в виде четырех расположенных в шахматном порядке клеток), если они с места наблюдения проектируются на возвышенность, горы, лес и другие объекты;
- черными, если проектируются с места наблюдений на фон неба.

Размеры щитов должны быть не менее:

- 1,5 × 1,5 м при установке на расстоянии до 800 м;
- 2,5 × 2,0 м при установке на расстоянии от 800 до 1500 м;
- 3,0 × 2,0 м при установке на расстоянии более 1500 м.

Расстояние до объектов и одиночных огней, выбранных в качестве ориентиров видимости, должно быть измерено с погрешностью, не превышающей $\pm 5\%$

Выбранные в качестве ориентиров видимости объекты и одиночные огни должны наноситься на **схему ориентиров видимости** в соответствии с расположением их по горизонту и удалению.

На схеме указывается расстояние до ориентира и азимут. Схема ориентиров составляется отдельно для дневных и ночных наблюдений (возможно совмещение). Схема ориентиров видимости подготавливается аэродромным метеорологическим органом и утверждается главным оператором аэродрома.



При проведении визуальных наблюдений за видимость необходимо выполнять следующие **рекомендации**:

- глаза наблюдателя должны находиться на высоте 1,5 – 5 м от поверхности земли. Наблюдатели, которые проводят визуальные наблюдения за видимостью в атмосфере, должны иметь остроту зрения 1,0 на каждый глаз (возможна коррекция) и проходить ежегодную проверку зрения;

- наблюдения должны проводиться по всем направлениям горизонта. Выйдя на место наблюдений, наблюдатель должен последовательно осмотреть все ориентиры видимости, начиная с самого ближнего и определить, какие из них видны и какие не видны. Видимым считается ориентир, который различается на фоне неба или воздушной дымки хотя бы в виде контура. Невидимым считается ориентир, который полностью сливается с фоном неба или воздушной дымки, и наблюдатель не может даже приблизительно определить направление, в котором находится ориентир;

- если ориентир рассматривается не на фоне неба, то наблюдения по нему производятся лишь тогда, когда этот фон полностью скрыт воздушной дымкой;

- для оценки видимости в темное время суток по световым ориентирам наблюдатель должен быть вне освещенного помещения в течение не менее 5 минут (для адаптации глаз);

- наблюдатель с места наблюдения по световым ориентирам должен последовательно просмотреть все выбранные огни и определить наиболее удаленный видимый ориентир. К числу видимых относятся только тот огонь, которых виден как святающая точка. Если огонь представляется как расплывчатое светлое пятно, он считается невидимым;

В сумерки, когда видимость оценивается как по дневным, так и по световым ориентирам, видимость на аэродроме характеризуется наибольшим из двух определенных значений.



Особенности ночного наблюдения. Темные объекты на местности, выбранные в качестве ориентиров видимости для определения МДВ в светлое время суток, нельзя использовать для определения МДВ ночью, поскольку отсутствует однозначная связь их дальности видимости с прозрачностью атмосферы, т.е. МДВ зависит не столько от прозрачности атмосферы, сколько от освещенности объектов. Поэтому для определения МДВ ночью используют огни:

- установленные на щитах-ориентирах одиночные источники света (электролампочки мощностью 60 Вт) с посекционным или раздельным включением (выключением) с места наблюдения;
- выбранные на местности одиночные огни.

Запрещается использовать светящиеся окна, красные сигнальные огни, фонари в плафонах, прожекторы и группу огней, направленных в одну сторону, или скоплением огней.

Соотношение между состоянием неба, различными явлениями погоды и видимостью. Состояние неба (наличие низкой облачности) может оказать влияние на дальность видимости при производстве полетов. При заходе на посадку в облачности и выходе из нее на высоте ниже 200 м, посадочная видимость может существенно отличаться от горизонтальной видимости на земле, это объясняется скоплением мельчайших капелек воды, пыли, дымовых частиц и т.п., образующих подоблачную дымку.

При высоте облаков ниже 100 м, наклонная видимость составляет в среднем около 30% от горизонтальной видимости у земли. Чем выше ВНГО, тем наклонная видимость ближе к горизонтальной. Наибольшее расхождение между значениями наклонной и горизонтальной видимостью бывают при морсящих осадках и дымке.



Метеорологическая оптическая дальность видимости (МОД)

Метеорологическая оптическая дальности (МОД) – это длина пути светового потока в атмосфере, на котором он ослабляется до 0,05 его первоначального значения.

МОД измеряется только инструментально.

Инструментальные методы наблюдения за видимостью в атмосфере позволяют более объективно оценить дальность видимости относительно ВПП, т.к. они обеспечивают непрерывность измерения МОД, её регистрацию и возможность установки датчиков вдоль ВПП.

Метод фотометрирования. В современных средствах измерения видимости атмосферы производится непосредственное измерение коэффициента пропускания в слое атмосферы.

Измерение коэффициента пропускания производится при использовании базисного метода (метод фотометрирования).

При этом применяются два варианта реализации базисного принципа измерения:

- двухконечный, когда передатчик (излучатель световых сигналов) устанавливается на одном конце базы, а приемник - на другом;
- одноконечный, когда передатчик и приемник находятся на одном конце базы, а отражатель светового потока выходящего из передатчика, на другом конце базы.

Для измерения МОД применяются оба варианта. Имеются приборы для измерения МОД, использующие одновременно оба варианта, например фотометр ФИ-2.



Перевод коэффициента пропускания в величину видимости МОД производится по формуле Кошмидера:

$$МОД(MOR) = l \frac{\frac{\ln l}{E}}{\tau}$$

где l - длина пути светового луча, зависящая от базового расстояния,
 τ - коэффициент пропускания;
 E - порог контрастной чувствительности.

Для обеспечения единства измерений МОД по рекомендации ИКАО используется фиксированное значение $E = 0,05$.

Выбор оптимальной длины базы. Из формулы следует, что зависимость между МОД и измеренным коэффициентом пропускания - логарифмическая; следовательно, и точность вычисленных значений МОД нелинейная. Для достижения требуемой точности измерения и необходимого диапазона, соответствующего минимуму аэродрома, следует выбирать оптимальную длину измерительной базы.

Рекомендуется следующая зависимость диапазона измерения МОД от длины измерительной базы:

- нижний предел диапазона равен $2/3$ длины пути луча (от передатчика до приемника),
- верхний предел диапазона измерения равен 40 длинам пути луча.

Например, при длине измерительной базы $L=100$ м, в двухконечном варианте базисного метода диапазон измерения составит 75 - 4000м, в одноконечном варианте составит 150 - 8000 м.

К недостаткам измерения МОД относится то, что при разной длине базы прибора не обеспечивается однозначность результатов измерения. Это связано с тем, что вследствие неоднородности помутняющей среды результат измерения в



значительной степени зависит от длины измерительной базы. Измерение прозрачности атмосферы с минимальной погрешностью может быть осуществлено измерителем, у которого дистанция измерения совпадает (или близка) с измеряемым значением МДВ.

Учитывая факт, что видимость измеряется по существу лишь на длине базы, и по ней можно судить о видимости на некотором расстоянии, измерители видимости располагают в нескольких местах аэродрома.

Средства измерения видимости на аэродромах

В качестве датчиков МОД применяются трансмиссомеры и нефелометры.

Трансмиссометры (ФИ-1, ФИ-2, ФИ-3, Mitras) измеряют среднее значение коэффициента пропускания (τ) в горизонтальном цилиндре воздуха между передатчиком и приемником (базисный метод измерения). Коэффициент пропускания определяется по выходному сигналу приемника и характеризует коэффициент ослабления (σ) светового потока за счет его поглощения и рассеяния атмосферой.

Нефелометры (FD12) измеряют только ослабление светового потока, связанное с его рассеянием (нефелометрический метод измерения).

Фотометр импульсный ФИ-1 предназначен для непрерывного измерения коэффициента пропускания атмосферы в месте установки в любое время суток и при любых метеоусловиях. Может быть использован автономно или в составе АМИС (рисунок 2).

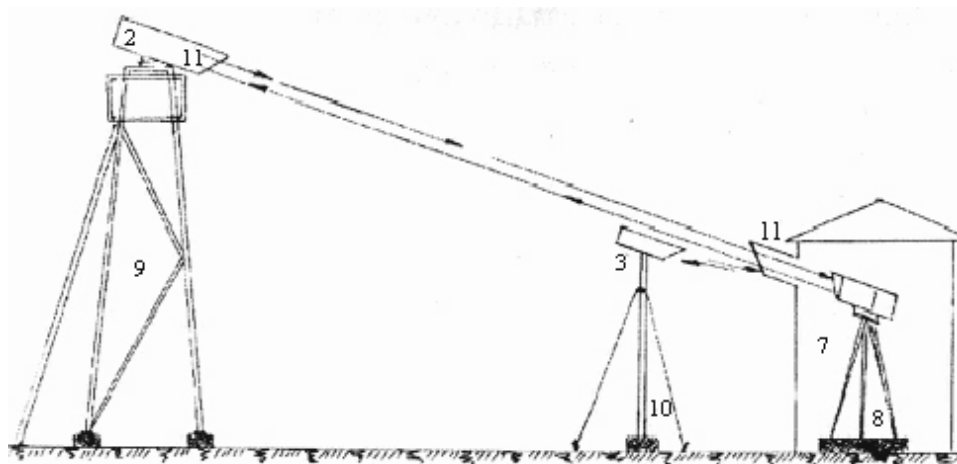


Рисунок - 2 Фотометр импульсный ФИ-1: 1- блок фотометрический; 2- отражатель дальний; 3 – отражатель ближний; преобразователь функциональный; 5- щит сетевой; 6 - вольтметр; 7 – будка защитная для БФ; 8 – тренога; 9 – мачта для ОД; 10 – штанга для установки ОБ; 11 – защитные кожухи.

ФИ-1 является одноконечным двухбазовым трансмиссомером (передатчик светового потока и приемник отраженного светового потока от отражателя призмленного находится в одном блоке – блоке фотометрическом БФ, а база измерения составляет удвоенное расстояние между передатчиком и приемником).

Отражатель дальний устанавливается на расстоянии 100 м от БФ (дальняя база измерения МОД).

Отражатель ближний устанавливается между БФ и ОД на расстоянии 20 м от БФ (ближняя база МОД).

Преобразователь функциональный ПФ, вольтметр цифровой ВЦ и блок регистрации БР устанавливаются в помещении техников-метеорологов.

Диапазон измерения МОД:

50-1200 м при работе на ближней базе измерения;

240-6000 м при работе на дальней базе измерения.

В БФ находится импульсная лампа (ИСШ-7), излучающая световой поток, и фотозлектронный умножитель (ФЭУ-84), принимающий отраженный от ОД или ОБ световой поток, ослабленный поток.



В БФ происходит преобразование принятого ФЭУ светового потока в сигнал постоянного тока пропорциональный коэффициенту пропускания слоя атмосферы, соответствующей длине измерительной базы.

Поскольку блок фотометрический (БФ) имеет на выходе параметр, пропорциональный коэффициенту пропускания атмосферы, а потребителю требуется значение МОД, то требуется дополнительное преобразование выходного параметра БФ. В случае, когда фотометр как датчик подключается к АМИС, преобразование выполняется вычислительным устройством станции. Если фотометр работает автономно, то преобразование осуществляется с помощью преобразователя функционального (ПФ).

Преобразователь функциональный производит преобразование коэффициента пропускания в метеорологическую оптическую дальность, а также скользящее осреднение измеренных значений коэффициента пропускания (МОД) за 60 с. Отсчеты значений измерений видимости производятся по вольтметру цифровому, который подключается к преобразователю функциональному (ПФ).

Отражатель дальний представляет собой набор из девяти трипль – призм, смонтированных в специальной обойме и установленной в корпусе.

Отражатель ближний представляет собой оптическую систему, состоящую из вогнутого зеркала и линзы, закрепленных в корпусе и защищенных от загрязнения козырьком.

В фотометре ФИ – 1 предусмотрены автоматическое и дистанционное ручное переключение и индикация диапазонов измерения (ОД – ОБ) МОД. При видимости ниже 400 м измерения производятся в режиме ОБ.

Переход на работу с дальней базой производится при видимости 600 м. Ручное переключение диапазонов измерения МОД производится тумблером на ПФ. При работе фотометра ФИ – 1 в составе АМИС управление режимами работы фотометра (ОД – ОБ) производится только станцией.



В корпусах блока фотометрического (БФ) и отражателя дальнего (ОД), отражателя ближнего (ОБ), установлены обогреватели, исключающие запотевание и обмерзание призм, зеркала, линзы.

При работе фотометра ФИ – 1 в автономном режиме предусмотрена регистрация коэффициента пропускания с помощью самописца НЗ92.

Фотометр импульсный ФИ – 2 предназначен для непрерывного дистанционного измерения и регистрации коэффициента пропускания слоя атмосферы, соответствующего измерительной базе, в месте установки в любое время суток при любых метеорологических условиях.

Диапазон измерения МОД: 60.....6000м.

Предел основной абсолютной погрешности измерения коэффициента пропускания атмосферы на выходе БФ: $\pm 1,5 \%$;

- дополнительная погрешность измерения коэффициента пропускания на выходе БФ (за счет влияния дестабилизирующих факторов, таких как изменение температуры от минус 50°C до $+50^{\circ}\text{C}$) - не более $0,5 \%$ на каждые 20°C ;

- дополнительная погрешность от временной нестабильности - не более $\pm 1 \%$ за 4 ч непрерывной работы в нормальных условиях.

В результате суммирования погрешностей предел допускаемой абсолютной погрешности измерения коэффициента пропускания на выходе БФ при эксплуатации ФИ-2 в реальных условиях (с периодической калибровкой на верхнем участке диапазона измерения при высокой прозрачности атмосферы, близкой к 100%) составляет $\pm 2,2 \%$, т. е. соответствуют требованиям авиации.

ФИ – 2 может быть использован автономно или в составе АМИС.

В состав ФИ – 2 входят: блок фотометрический (БФ), блок отражательный (приемник) (БО), блок управления и индикации (БУИ), блок регистрации (БР), штативы, щит сетевой (рисунок3).

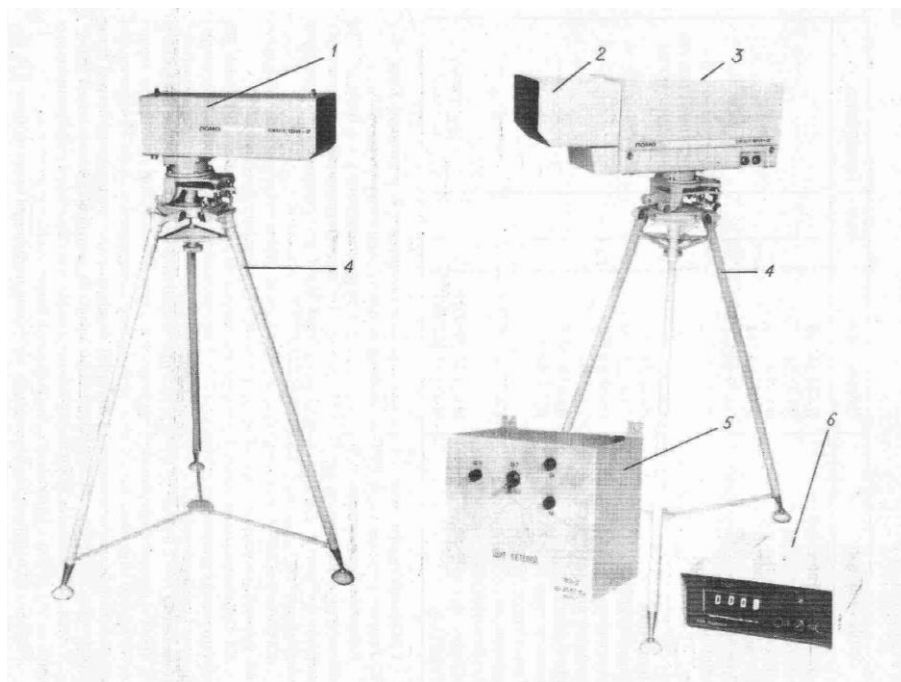


Рисунок 3 - Фотометр импульсный ФИ-2

ФИ– 2 является комбинированным трансмиссометром. Он работает как одноконечный прибор, когда луч излучаемый передатчиком, отражается от приземного отражателя и возвращается к приемнику, находящемуся в одном блоке с передатчиком (дальняя база измерения МОД), и как двухконечный прибор в случае приема луча от передатчика, приемником, установленным в блоке отражателя приземного (ближняя база измерения МОД).

Таким образом, фотометр ФИ – 2 является двухбазовым трансмиссометром без дополнительного приемника.

Блок отражательный устанавливается на расстоянии 100 м от блока фотометрического (БФ).

Блок управления и индикации (БУИ) и блок регистрации (БР) устанавливаются в помещении техников – метеорологов.

В блоке фотометрическом ФИ – 2 смонтированы основные узлы: оптико-электронный, измерительный и вычислительный, узел питания, сферическое зеркало, обогреватели. Источником света является импульсная лампа СШ – 20 ,



излучающая световые импульсы. В качестве фотоприемника используется фотодиод ФД – 11 К.

При работе фотометра на дальней базе измерения, световой поток (после ослабления измеряемой средой на пути к блоку отражательному и обратно к блоку фотометрическому) поступает на фотоприемник (фотодиод). В блоке фотометрическом (БФ) происходит преобразование напряжения сигнала в ток и его передача по двухпроводной линии на блок управления и индикации (БУИ). В блоке управления и индикации происходит преобразование тока в частоту, пропорциональную МОД. Полученное значение МОД высвечивается на лицевой панели блока индикации с периодом обновления измерительных значений 3-8 секунд.

В фотометре ФИ – 2 обеспечена также регистрация коэффициента пропускания самописцем НЗ092 (при работе фотометра в автономном режиме).

Блок отражательный (БО) смонтирован в брызгозащищенном корпусе и представляет собой набор из восьми триплъ – призм. В центре блока отражательного установлен фотодиод ВФП, являющей приемником при работе ФИ – 2 на ближней базе измерения МОД. В корпусе блока отражательного установлен обогреватель для защиты триплъ – призм от запотевания.

В фотометре предусмотрены автоматическое дистанционное ручное переключение и индикация диапазонов измерения (ОД – ОБ) МОД. При видимости ниже 400 м измерения производятся в режиме ОБ. Переход на работу с дальней базой производится при видимости 600 м. Ручное переключение диапазонов измерения МОД производится с блока управления и индикации (БУИ). При работе фотометра ФИ – 2 в составе АМИС управление режимами работы фотометра (ОД – ОБ) производится только станцией.

ФИ-2 как измерительный прибор должен подвергаться периодической поверке органами метрологической службы в установленном порядке не реже 1 раза в год.



Внеочередную поверку производят после ремонта, а также при метрологической инспекции.

Поверку производят при помощи поверочного комплекта КП-ФИ-2, в состав которого входят образцовые светофильтры и вольтметр цифровой В7-38.

Измеритель дальности видимости ФИ – 3 предназначен для непрерывного дистанционного измерения МОД и регистрации коэффициента светопропускания атмосферы на аэродромах с целью метеообеспечения взлета и посадки воздушных судов.

В ФИ-3, где в качестве источника света используется светодиод (взамен импульсной газоразрядной лампы). Такой источник света не требует замены в течение всего срока эксплуатации прибора и, кроме того, не создает электрических помех, благодаря чему обеспечивается высокая точность и стабильность результатов измерений. Погрешность измерения коэффициента пропускания в таком приборе не превышает $\pm 1 \%$.

Принцип действия ФИ – 3 основан на измерении степени ослабления интенсивности световых импульсов после их прохождения через слой атмосферы, ограниченной длинной базисной линии прибора. Отличительной чертой фотометра ФИ – 3 является то, что обе базовые линии (короткая и удвоенная) пространственно совмещены благодаря дополнительному фотоприемнику, встроенному в отражательный блок. Такая конструкция не только гарантирует сходимость результатов измерений МОД при переключении измерительных каналов, но и обеспечивает расширенный диапазон измерения МОД (от 60 до 8000 м).

ФИ-3 может работать на укороченной базе, когда блок отражателя установлен на расстоянии 50 м от блока фотометрического, при этом нижний предел измерения МОД составляет 35 м. Фотометр может быть использован автономно или в составе автоматизированных измерительных систем типа КРАМС, АМИС.



ФИ – 3 имеет:

- повышенный рабочий ресурс излучателя световых импульсов
- (более 50000 часов).
- полную автоматизацию измерений.
- дистанционный пульт управления с цифровым табло отображения МОД.
- встроенное цифровое табло на блоке фотометрическом.
- современную элементную базу с использованием процессоров.
- встроенную грозозащиту и защиту от перенапряжения в питающей сети.

Измеритель дальности видимости Mitras (ИДВ Mitras) предназначен для непрерывного дистанционного измерения метеорологической оптической дальности (видимости) в месте установки передатчика и приемника в любое время суток и при любых метеорологических условиях.

ИДВ Mitras состоит из передатчика LP11 и приемника LR11, устанавливаемых на концах измерительной базы, длина которой может составлять 35, 75, 150 и 200 м. Передатчик и приемник конструктивно состоят из двух блоков: оптической головки и блока электроники, установленных на штанге (рисунок4).

ИДВ Mitras непосредственно измеряет коэффициент пропускания атмосферы между излучателем света и приемником и является двухконечным трансмиссометром. Передатчик световых импульсов LP11 находится на одном конце измерительной базы, приемник LR11 – на другом.

Диапазон измерения МОД зависит от длины базовой линии:

- 7.....400 м (при базовой линии измерения 10 м);
- 25.....1500 м (при базовой линии измерения 35 м);
- 50.....3000 м (при базовой линии измерения 75 м);
- 100.....6000 м (при базовой линии измерения 150 м);
- 150.....10000 м (при базовой линии измерения 200 м).



Рисунок 4 - Измеритель дальности видимости Mitras

Источником светового потока, излучаемого передатчиком, является ксеноновая импульсная лампа. Лампа производит короткие световые импульсы широкого спектра, перекрывающего длины волн обычного солнечного света и огней ВПП. ИДВ Mitras берет образец каждой вспышки через расщепитель луча. Действительная интенсивность каждого импульса света измеряется цифровым способом. Свет, проходя через расщепитель, фокусируется в точно определенный луч, который направляется на устройство приема. Полученный свет фокусируется на полупроводниковый фотодиод приемника для измерения интенсивности. Выходной сигнал фотодиода корректируется зеленым фильтром для соответствия характеристикам человеческого глаза. Измеренная интенсивность преобразуется в цифровую форму и результат посылается на блок измерения для дальнейшей обработки. Mitras вычисляет коэффициент пропускания как соотношение между излученной и полученной интенсивностью.

Временной интервал между импульсами света изменяется от 1 с (при МОД менее 2 км) до 10 с (при МОД более 10 км), что позволяет продлить средний ресурс лампы до 55 000 ч при непрерывной работе.



ИДВ Mitras имеет возможность вывода на экран ПЭВМ состояния источника света и в случае отказа лампы, автоматически выдается предупреждение. Старение и нестабильность импульсной лампы автоматически компенсируются.

Загрязнение оптических поверхностей может уменьшить точность измерения прибора, поэтому ИДВ Mitras имеет систему измерения степени загрязнения. Потери коэффициента пропускания на загрязнение оцениваются и результат измерения коэффициента пропускания автоматически компенсируется. Mitras выдает сигналы предупреждения и тревоги, если окна чрезмерно грязные.

ИДВ Mitras может дополнительно комплектоваться измерителем яркости фона LM11. Измеритель яркости фона LM11 используется для измерения общего уровня освещенности аэропорта. Эта информация используется в вычислениях RVR (дальности видимости на ВПП). Измеритель яркости фона устанавливается на передатчике Mitras и подсоединяется к нему кабелем, по которому получает сетевое питание и передает выходной сигнал.

В ИДВ Mitras предусмотрен обогрев оптических головок передатчика и приемника для исключения запотевания оптики и образования конденсата.

Программное обеспечение ИДВ Mitras содержит команды для управления, проверки и настройки системы (команды переключения режимов работы, команды отображения параметров системы, команды обслуживания и т.п.).

По всем ИДВ Mitras, подключенным к АМИС, ведется архив данных измерений метеорологической оптической дальности (видимости).

ИДВ Mitras является наиболее точным по сравнению с другими средствами измерения МОД.

Измеритель видимости FD12 предназначен для автоматических дистанционных измерений метеорологической оптической дальности (видимости) в месте установки его датчика в любое время суток при любых метеоусловиях.

Нефелометр FD12 состоит из блока передатчика FDT12B, блока приемника FDR12, блока электроники (рисунок 5). Передатчик и приемник устанавливаются



на штанге так, чтобы их оптические оси пересекались под углом 33° и были направлены к горизонтальной плоскости под углом $16,5^\circ$. Штанга крепится на вертикальной мачте, в нижней части которой установлен блок электроники.

Нефелометр FD12 основан на принципе прямого рассеяния светового потока и непосредственно измеряет коэффициент рассеяния (σ), который преобразуется в МОД.

Диапазон измерения МОД: 10.....50 000 м.

Зондирование исследуемого объема воздуха в FD12 производится инфракрасным лучом (длина волны 875 нм) под углом 33° (источником инфракрасного луча является инфракрасный светодиод). Приемный фотодиод приемника улавливает световые импульсы, рассеянные атмосферой. Принятый приемником сигнал усиливается в блоке электроники. Из блока электроники измерительные сигналы в цифровом коде передаются по линиям связи на АМИС или на вход цифрового дисплея (при работе нефелометра FD12 в автономном режиме).



Рисунок 5 - Измеритель видимости FD12

К FD12 может подсоединяться датчик фоновой освещенности LM11. Передача измерительных сигналов фоновой освещенности в цифровом коде



производится через блок электроники по тем же линиям связи, что и сигналы МОД.

Дистанционность передачи измерительных сигналов от датчика по аэродромным линиям связи через модемы DMX-21 - до 10 км.

Нефелометры FD12 обеспечивают измерения МОД с погрешностью не более 10 % и могут заменить всевозможные визуальные наблюдения за дальностью видимости на аэродромах. Но точность измерения МОД нефелометрами ниже точности измерения МОД трансмиссометрами.

Дальность видимости на ВПП и ее вычисление

Дальность видимости на ВПП (RVR) – это расстояние, в пределах которого пилот ВС, находящегося на осевой линии ВПП, может видеть маркировочные знаки на поверхности ВПП или огни, которые ограничивают ВПП или обозначают её осевую линию.

Как следует из определения термина «дальность видимости на ВПП (RVR)», оценка дальности видимости на взлетно-посадочной полосе производится по дальности видимости маркировки покрытия ВПП, и дальности видимости огней ВПП аэродромной светосигнальной системы, т.е. боковых огней, ограничивающих ВПП, и осевых огней ВПП.

При этом в тех случаях, когда дальность видимости огней аэродромной светосигнальной системы меньше видимости маркировки ВПП за дальность видимости на ВПП принимается дальность видимости маркировки ВПП.

Дальность видимости маркировки ВПП, которую должен видеть пилот при взлете и посадке, так же как и дальность видимости огней аэродромной светосигнальной системы, наблюдателю (средству измерения), находящемуся не на ВПП, определить невозможно, поэтому информацию о дальности видимости на ВПП следует рассматривать как максимально приближенную к реальному значению.



Определение дальности видимости на ВПП осуществляется по результатам измерений, полученным либо инструментальным методом, либо визуальным способом с помощью наблюдателя. Результаты измерений видимости пересчитывают по соответствующим таблицам в дальность видимости на ВПП
(Приложение А)

Таблицы рассчитаны в соответствии со стандартами и рекомендациями ИКАО по следующим исходным данным:

- визуальный порог освещенности E_p (указан в таблице с учетом времени суток);
- порог контрастной чувствительности глаза, равный 0,05;
- направленная сила света огней ВПП с учетом старения и загрязнения ламп

Руководство по определению дальности видимости на ВПП (RVR) охватывает все аспекты, относящиеся к RVR (РД 52.21.680 – 2006), Поправка №1 к РД 52.21.680 – 2006.

Для определения дальности видимости на ВПП на некатегорированных аэродромах допускается визуальный способ оценки видимости с последующим пересчетом этих значений в RVR при видимости 2000 м и менее с использованием соответствующих таблиц для аэродромов, оборудованных светосигнальными системами ОВИ и ОМИ (РД 52.21.680 – 2006, приложения Г, Д и И).

Определение преобладающей видимости

Преобладающая видимость - наибольшее значение видимости, которое достигается в пределах, по крайней мере, половины линии горизонта, либо в пределах, по крайней мере, половины поверхности аэродрома. Обозреваемое пространство может включать в себя смежные или несмежные секторы.

Примечание: Это значение определяется при наличии автоматизированной метеорологической измерительной системы (АМИС) и инструментальных



средств измерения видимости, использование которых служит для наилучшей оценки преобладающей видимости.

Преобладающая видимость, включаемая в сводки METAR/SPECI при наличии изменения видимости в различных точках аэродрома, **определяется как медианное (срединное) значение**, полученное с использованием всех датчиков видимости, установленных на аэродроме.

Медианное значение, выбранное из ряда измеренных значений, сгруппированных по мере их увеличения, в отличие от среднего значения, реально представляет истинную величину, наблюдаемую в той или иной части аэродрома.

При наличии четного количества датчиков за медианное значение принимается наименьшее из двух, находящихся в середине ряда измеренных значений.

При наличии двух измерителей видимости в том случае, если видимость в различных направлениях неодинакова, за преобладающую видимость принимается наименьшее значение.

В таблице 1 представлены примеры определения преобладающей видимости (на основе показаний трех датчиков) и включения информации о видимости в сводки METAR/SPECI.

Таблица 1 - Примеры указания видимости

<i>Датчик (и его местоположение)</i>	<i>Пример 1</i>	<i>Пример 2</i>	<i>Пример 3</i>	<i>Пример 4</i>
Датчик 1 (SE)	3333 (минимальное значение)	3333 (срединное значение) преобладающее	1357 (минимальное значение)	3333 (срединное значение) преобладающее
Датчик 2 (NE)	3455 (максимальное значение)	3455 (максимальное значение)	1850 (срединное значение) преобладающее	3520 (максимальное значение)



Датчик 3 (NW)	3372 (срединное значение) преобладающее	2400 (минимальное значение)	1900 (максимальное значение)	1611 (минимальное значение)
Включаемые значения	3300	3300	1800 1300SE	3300 1600NE

В примере 1 в сводку включается значение преобладающей видимости 3372 с учетом шкалы округления – 3300 м.

В примере 2 при наличии уменьшения видимости, зафиксированное датчиком 3, в сводку включается медианное значение преобладающей видимости 3333 с учетом шкалы округления – 3300 м.

Примеры 3 и 4 демонстрируют ситуацию, когда требуется наряду с преобладающей видимостью указывать минимальное значение:

а) в примере 3 минимальная видимость 1357 (ниже критического значения 1500) с учетом шкалы округления – 1300 м (1800 1300SE).

б) в примере 4 минимальная видимость 1611 (составляет более 50% преобладающей 3333) с учетом шкалы округления – 1600 м (3300 1600NE).

Сообщение данных о видимости и дальности видимости в местных сводках и сводках METAR, SPECI

В случае, когда местные регулярные и специальные сводки используются для вылетающих воздушных судов, сообщаемые летным экипажам значения видимости должны быть репрезентативными вдоль всей ВПП, а для прибывающих воздушных судов - для зоны приземления.

В сводках METAR и SPECI данные наблюдений за видимостью являются репрезентативными для аэродрома.



В местных регулярных и специальных сводках, когда для измерения видимости используются инструментальные средства и наблюдения за видимостью ведутся с нескольких мест вдоль ВПП, то следует:

- вначале указывать значения видимости и RVR (при видимости 2000 м и менее), репрезентативные для зоны приземления,
- затем значения, репрезентативные для средней точки (при длине ВПП более 2000 м),
- затем значения для дальнего конца ВПП с указанием мест, для которых эти значения являются репрезентативными.

В случаях, когда используются несколько ВПП, включаются имеющиеся значения для каждой ВПП и указываются полосы, к которым относятся эти значения.

В случае если при обеспечении взлетов и посадок вертолетов наблюдаются различные значения дальности видимости на ВПП (RVR), то предоставляется по запросу значение RVR в определенной части ВПП при наличии установленных там приборов.

Когда для измерения видимости используются инструментальные средства:

- выпуск местных специальных сводок производится при достижении критериев минимальной видимости RVR или MOR;
- выпуск сводок SPECI производится при достижении критериев преобладающей видимости.

Для кодирования видимости в кодовой форме METAR и SPECI используется группа **VVVV VnVnVnVnDv** или **CAVOK**.

VVVV – значение *преобладающей видимости* (метеорологическая дальность видимость или видимость на аэродроме) в метрах.

При кодировании видимость округляется в меньшую сторону:

- до 800 м округляется до ближайших 50 м;
- от 800 до 5000 м – до ближайших 100 м;



- от 5000 до 9999 м – до ближайших 1000 м;
- видимость 10 км и более кодируют 9999.

Если видимость в различных направлениях неодинакова и:

- минимальная видимость **VnVnVnVnDv** отличается от преобладающей видимости и составляет

а) менее 1500 м или

б) менее 50% значения преобладающей видимости и менее 5000 м - в сводках *дополнительно* указывается зарегистрированная минимальная видимость и ее общее направление относительно контрольной точки аэродрома (КТА) с указанием одного из восьми румбов где:

VnVnVnVn – значение зарегистрированной минимальной видимости (в метрах),

Dv – направление минимальной видимости относительно контрольной точки аэродрома (КТА) с указанием одного из восьми румбов. Кодировается одно- или 2-х буквенным указателям восьми румбов компаса:

N – NORTH – север;

S – SOUTH – юг;

E – EAST – восток;

W – WEST – запад;

соответственно, SW - юго-запад, SE - это юго-восток, NW - северо-запад, NE - северо-восток

Примеры

3000 1200NW

6000 2800SE

Если минимальная видимость наблюдается в нескольких направлениях, то сообщается оперативно наиболее значимое направление.



Если видимость изменяется быстро и/или определить преобладающую видимость невозможно, то указывается только минимальное значение видимости без указания направления.

Сообщаемая в сводках METAR, SPECI видимость должна быть средней величиной за период в 10 минут, предшествующий наблюдению. Если в течение этого периода наблюдалось резкое изменение видимости, то среднее значение должно рассчитываться за период после этого изменения.

Резкое изменение происходит тогда, когда в течение, по крайней мере, 2-х минут наблюдается устойчивое изменение видимости, значения которой достигают или превышают критерии для выпуска сводок SPECI.

Кодовое слово **CAVOK** включается в сводку вместо групп VVVV, VnVnVnVnDv, w'w', NsNsNshshshs (VVhshshs или NSC), если одновременно наблюдаются следующие условия:

- видимость, сообщаемая в группе VVVV, составляет 10 км или более, и минимальная видимость не указывается;
- отсутствие облаков ниже 1500 м (5000 фут) или ниже верхнего предела минимальной высоты в секторе, в зависимости от того, какая величина больше, а также кучево-дождевых и мощных кучевых облаков;
- отсутствие особых явлений погоды.

Сведения о **дальности видимости на ВПП** следует сообщать в течение периодов, когда видимость или дальность видимости на ВПП составляет **2000 м и менее**.

В сводках METAR и SPECI указывается только величина, репрезентативная для зоны приземления. Там, где используются несколько ВПП, для каждой из них, но не более чем для четырех, включаются значения дальности видимости на ВПП в зоне приземления с указанием номера полосы.

RD_RDR/V_RV_RV_RV_Ri - группа дальности видимости на ВПП (RVR).

R – буквенный указатель группы.

DRDR – номер ВПП, для которой передается дальность видимости V_RV_RV_RV_R.



Для указания параллельных полос к номеру ВПП добавляются буквы: L – left – левая; C – central – средняя; R – right – правая.

$V_R V_R V_R V_R$ – среднее значение дальности видимости на ВПП за 10-минутный период, предшествующий сроку наблюдения.

i – тенденция дальности видимости на ВПП в течение 10 минутного периода, предшествующего сроку наблюдения.

Если в течение 10-минутного периода наблюдается отчетливая тенденция к изменению значений дальности видимости на ВПП таким образом, что в течение первых 5 минут среднее значение отличается на 100 м и более от среднего значения за вторые 5 минут периода, то это изменение указывается с помощью:

$i = U$ – upward – для увеличения значений дальности видимости на ВПП;

$i = D$ – downward – для уменьшения значений дальности видимости на ВПП;

$i = N$ – no change – в случае, если в наблюдаемой дальности видимости на ВПП нет значительных изменений.

Верхним пределом оценки дальности видимости на ВПП считается 2000 м, нижним – 50 м.

В случаях, когда светосигнальные системы ОВИ установлены на ВПП без осевых огней ВПП, нижний предел оценки RVR составляет 200 м.

Для указанных аэродромов в целях сопоставимости с таблицами, рассчитанными для аэродромов, оборудованных осевыми огнями ВПП, и для повышения безопасности полетов дальность видимости на ВПП в диапазоне от 200 до 550 м определяется также с использованием вышеуказанной линейной зависимости между MOR и RVR (согласно Поправки № 1 к РД 52.21.680-2006, приказа Росгидромета от 14.03.2016 г. № 109).

Когда дальность видимости на ВПП оценивается значением, превышающим 2000 м, то она сообщается как P2000.

В тех случаях, когда дальность видимости на ВПП ниже минимального значения, которое может быть оценено, то она сообщается как M0200 или M0300



Интервалы сообщений RVR:

- кратные 25 м при RVR менее 400 м;
- кратные 50 м при RVR от 400 м до 800 м;
- кратные 100 м при RVR более 800 м.

Наблюдаемые величины округляются в сторону меньшего значения до ближайшего деления. Например, если дальность видимости 970 м, то $V_R V_R V_R V_R = 0900$.



Литература:

1. Городецкий О.А., Гуральник И.И., Ларин В.В. «Метеорология, методы и технические средства наблюдений», Ленинград, Гидрометиздат, 1991г.
2. Гуральник И.И., Дубинский ГЛ., Ларин В.В., Мамиконова С.В. Метеорология — Л.: Гидрометеиздат, 1982.
3. Инструктивный материал по кодам METAR, SPECI, TAF
4. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам». Выпуск 3, часть 1, ГМИ, 1985г.
5. РД 52.21.680 - 2006 Руководство по определению дальности видимости на ВПП (RVR)
6. Поправка № 1 к РД 52.21.680-2006
7. РД 52.04.716 - 2009 Правила эксплуатации метеорологического оборудования аэродромов гражданской авиации (ПЭМОА-2009).
8. Федеральные авиационные правила "Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов» (утв. приказом Минтранса России 03.03. 2014 г. №60)